



AGRICULTURES
ET DÉFIS DU MONDE
Collection Cirad-AFD

La transition agro-écologique des agricultures du Sud

F.-X. Côte, E. Poirier-Magona,
S. Perret, P. Roudier,
B. Rapidel, M.-C. Thirion,
éditeurs



éditions
Quæ

Snoeck D., Abolo D., Jagoret P., 2010. Temporal changes in VAM fungi in the cocoa agroforestry systems of central Cameroon. *Agroforestry Systems*, 78, 323-328.

Snoeck D., Bastide P., Koko L., Joffre J., Jagoret P., 2016. Cacao nutrition and fertilization. *In : Sustainable Agriculture Reviews* (E. Lichtfouse, ed.), New York Springer International Publishing, 155-202.

Snoeck D., Dubos B., 2018. *Improving Soil and Nutrient Management for Cacao Cultivation*, Burleigh Dodds, epub/PDF, [doi:10.19103/AS.2017.0021.13](https://doi.org/10.19103/AS.2017.0021.13) .

Snoeck D., Lacote R., Kéli J., Doumbia A., Chapuset T., Jagoret P., Gohet E., 2013. Association of hevea with other tree crops can be more profitable than hevea monocrop during first 12 years. *Industrial Crops and Products*, 43, 578-586.

Wood G.A.R., Lass R.A., 2001. *Cocoa*, 4^e édition, Londres, Wiley-Blackwell, 620 p.

CHAPITRE 4

Des filets anti-insectes pour faciliter la transition agro-écologique en Afrique

Thibaud Martin, Laurent Parrot, Raphaël Belmin, Thibault Nordey, Claudine Basset-Mens, Yannick Biard, Émilie Deletre, Serge Simon, Fabrice Le Bellec

Le maraîchage africain dans une impasse

Les cultures maraîchères se sont considérablement développées en Afrique subsaharienne ces 50 dernières années, en particulier dans la périphérie des grands centres urbains. Si les légumes feuilles africains (aubergine

africaine, amarante, célosie...) sont surtout cultivés dans les zones rurales, les légumes dit « exotiques » (tomate, salade, carotte, chou...) sont essentiellement cultivés de manière intensive dans les périmètres maraîchers des zones péri-urbaines ou en plein champ sur de grandes parcelles, notamment la tomate industrielle (Huat, 2006).

Des usages phytosanitaires intensifs et inadaptés

Différentes enquêtes sur les pratiques phytosanitaires des petits producteurs maraîchers réalisées en Afrique subsaharienne au cours des 20 dernières années montrent, qu'en zones rurale comme urbaine, le recours à une lutte chimique intensive est généralisé pour faire face aux nombreux bioagresseurs des cultures (Ahouangninou *et al.*, 2011 ; de Bon *et al.*, 2014 ; Azandémè *et al.*, 2015 ; Abtew *et al.*, 2016). Ces mêmes auteurs relèvent en outre des pratiques phytosanitaires à risque pour l'homme et son environnement : doses et fréquences excessives de formulations, détournements d'usage fréquents (par exemple, produits phytosanitaires de la filière coton), pesticides peu spécifiques à spectre large (souvent des mélanges de plusieurs matières actives), méthodes d'application manuelles peu efficaces et dangereuses pour les utilisateurs (par exemple, utilisation de branchages et d'arrosoir pour épandre la produit, pulvérisation sans protection), pratiques d'irrigation inadaptées et/ou applications phytosanitaires dans des conditions non maîtrisées (proximité de points d'eau, mauvaises conditions météorologiques...) entraînant des risques de transfert de molécules chimiques vers les différents compartiments de l'environnement (eaux de surface et souterraine, atmosphère) (Diop, 2013). Une enquête récente réalisée au Kenya dans la zone de production de tomate révèle que, selon plus de 85 % des « petits » producteurs, cette culture en plein champ ne peut pas se conduire sans traitements chimiques hebdomadaires ou bimensuels compte tenu de la pression actuelle des bioagresseurs (Nguetti *et al.*, 2018).

Résistances, invasions

Conséquence de quatre à cinq décennies d'utilisation répétée des produits phytosanitaires, les maraîchers africains se retrouvent dans une impasse technologique : les produits sont de moins en moins efficaces du fait de la

sélection de ravageurs résistants comme la noctuelle de la tomate *Helicoverpa armigera* (Martin *et al.*, 2002), le puceron *Aphis gossypii* (Carletto *et al.*, 2010), la mouche blanche *Bemisia tabaci* (Gnankiné *et al.*, 2013) ou la teigne du chou *Plutella xylostella* (Agboyi *et al.*, 2016). L'usage de ces pesticides entraîne également la raréfaction des ennemis naturels (prédateurs et parasitoïdes) qui régulent les populations des bioagresseurs locaux mais qui peuvent aussi s'adapter à de nouveaux ravageurs venus sans leur cortège d'ennemis naturels tels que la mouche des fruits *Bactrocera invadens* (Vayssière *et al.*, 2011), l'acarier rouge *Tetranychus evansi* (Azandémè *et al.*, 2015) et tout récemment la teigne de la tomate *Tuta absoluta* (Chailleux *et al.*, 2017).

Le piège du tout chimique

Les petits producteurs africains subissent un certain nombre de contraintes les enfermant dans le « tout chimique ».

Le système de conseil privé encourage la lutte chimique. En Afrique subsaharienne, le conseil technique des producteurs est promulgué par le secteur privé (semenciers, distributeurs et firmes phytosanitaires). Les connaissances relatives aux intrants et aux variétés disponibles pour les petits producteurs sont de ce fait focalisées autour de la lutte chimique (Nguetti *et al.*, 2018). Les plans d'ajustement structurels des années 1990 de la Banque mondiale et du FMI ont en effet démantelé les services de vulgarisation au nom de la libéralisation des marchés et du désengagement de l'État. Ces services de conseil sont dans une phase de reconstruction, les ONG y sont désormais des parties prenantes.

Les règles de rémunération des producteurs encouragent l'élimination des ravageurs. En Afrique subsaharienne, les marchés domestiques des fruits et légumes frais valorisent principalement la qualité visuelle des produits et leur fermeté pour réduire les pertes au transport et au stockage. Aucune valeur ajoutée n'est accordée à la qualité environnementale et sanitaire des produits. Ainsi, pour éviter que leurs récoltes ne soient dévalorisées, les producteurs ont recours à la lutte chimique pour éliminer les ravageurs et maladies responsables de piqûres et/ou de traces sur les fruits.

Le secteur informel demeure important. Dans la plupart des pays d'Afrique subsaharienne, la situation est bien souvent aggravée par

l'absence ou le peu de contrôle des conditions d'utilisation et de vente des produits phytosanitaires et/ou des résidus de pesticide sur ou dans les produits à destination des marchés locaux contrairement aux produits d'exportation.

La formation des petits producteurs s'avère limitée. Dans ces conditions, difficile de promouvoir des méthodes de lutte alternatives comme la lutte biologique. Les producteurs maraîchers d'Afrique subsaharienne sont en effet encouragés à suivre les conseils de leurs voisins ou de leurs fournisseurs, qui assurent leur formation/conseil par le prisme de la lutte chimique (Nguetti *et al.*, 2018).

Malgré tout, la demande des consommateurs pour des légumes sains commence à prendre de l'ampleur surtout dans les grandes mégapoles africaines mais aussi dans les campagnes. Pour y répondre, certains supermarchés ouvrent des rayons de légumes « bio » ou *organic*. Des petits marchés proposant des fruits et des légumes locaux produits sans pesticide apparaissent dans certains quartiers et quelques producteurs s'impliquent dans la fourniture de paniers de légumes « bio », que ce soit à Abidjan, à Cotonou ou à Nairobi[5]. Dans les zones rurales, des initiatives apparaissent également chez des associations de producteurs sensibilisés à la toxicité des pesticides chimiques et à la nécessité pour leur santé et leur environnement d'une production de fruits et de légumes sains. En Afrique subsaharienne, des ONG telles Songhai, Enda Pronat ou Agrisud s'investissent aussi depuis plusieurs années dans la formation aux techniques de cultures agro-écologiques.

Les pratiques agro-écologiques mises en œuvre sur le terrain

La lutte physique pour protéger les cultures

Depuis une quinzaine d'années, le Cirad expérimente et propose des systèmes de culture maraîchers basés sur les principes de la protection physique des cultures de légumes feuilles et fruits, dans différentes zones climatiques d'Afrique de l'Ouest et de l'Est (Nordey *et al.*, 2017). Ces travaux sont menés en collaboration étroite avec les centres de recherches nationaux (Inrab, Kalro, Isra)[6] et internationaux (Icipe[7], World

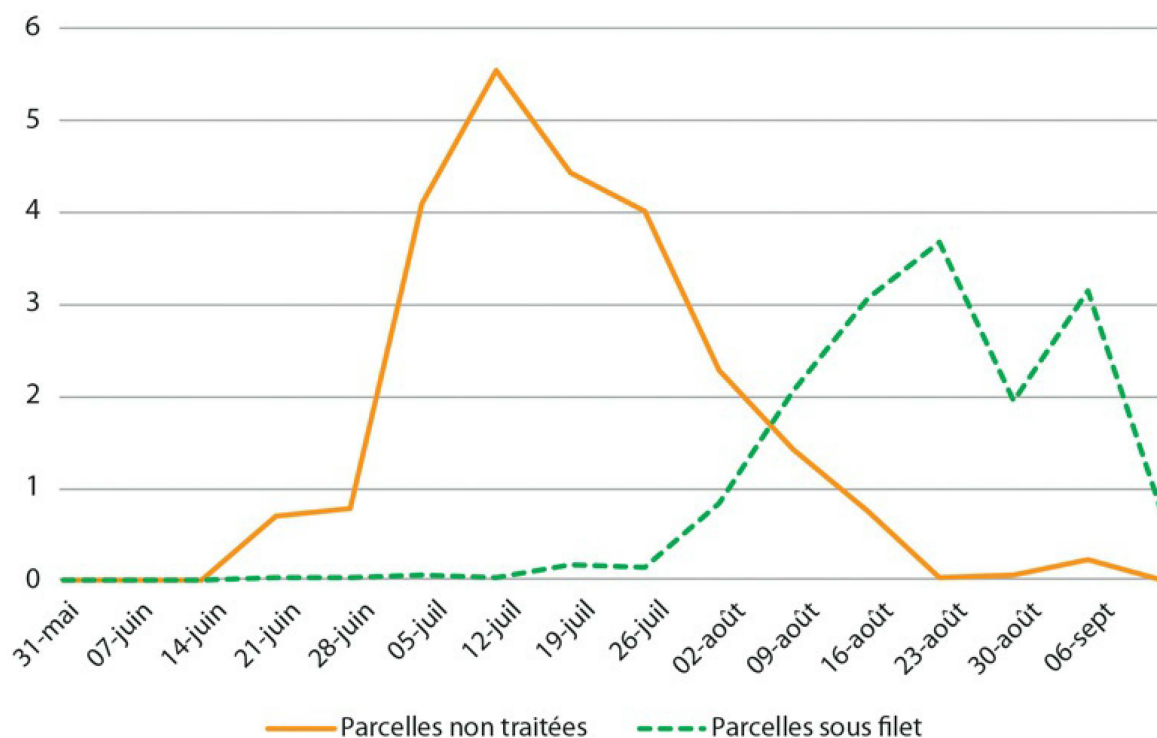
Vegetable Center) et les universités (Abomey-Calavi, Egerton-Njoro, Korhogo, Félix-Houphouët-Boigny, Michigan State, Davis) avec l'appui financier du Cirad et de l'Usaid HIL[8]. Les expérimentations des techniques en station de recherche ont été suivies de démonstrations chez des producteurs pour évaluer ensemble les performances de ces nouvelles pratiques. L'innovation la plus prometteuse consiste en l'utilisation de filets fournissant un environnement climatique favorable aux cultures tout en les protégeant des plus gros ravageurs. Les filets anti-insectes ont été conçus et adaptés aux conditions agroclimatiques de trois pays (Bénin, Sénégal et Kenya). Des analyses coût/bénéfices ont ensuite été réalisées afin d'estimer la rentabilité de cette technologie pour les petits producteurs (Vidogbéna *et al.*, 2015a).

L'efficacité des filets dans la régulation des bioagresseurs

Nos résultats ont montré que l'utilisation de filets anti-insectes permet de réduire considérablement les attaques de ravageurs et en particulier de ceux qui sont responsables de dégâts directs sur la production de fruits (tomate, haricot) ou de feuilles (chou), tels que les oiseaux, les escargots, les chenilles, les mouches ou les criquets (Martin *et al.*, 2006, 2015 ; Saidi *et al.*, 2013 ; Gogo *et al.*, 2014 ; Simon *et al.*, 2014). Selon la taille des mailles des filets, l'aération des cultures — ventilation nécessaire pour éviter un confinement des cultures qui conduirait à l'apparition de maladies cryptogamiques — est permise, même en conditions de climat tropical. À l'inverse, ces filets ne protègent pas totalement les cultures contre les petits ravageurs de type piqueurs-suceurs tels que les pucerons, les mouches blanches, les thrips et les acariens phytophages. Ils peuvent tout de même réduire notablement les infestations de certaines mouches blanches (*Trialeurodes* sp.) sur tomates comparativement à des cultures non abritées (fig. 4.1). Cette technique présente surtout l'avantage d'être accessible et de pouvoir fournir une protection efficace contre certains ravageurs émergents. C'est notamment le cas pour la teigne de la tomate *Tuta absoluta* où l'utilisation d'une barrière physique permet de retarder et réduire les dégâts (Deletre *et al.*, à paraître). Pour compléter la protection contre les petits ravageurs, il est nécessaire, d'une part, d'optimiser les défenses naturelles des plantes cultivées sous filet en s'assurant de l'adaptation des variétés, de la qualité du sol (ressources nutritives et microbiome) et de l'apport en eau (micro-irrigation) et, d'autre part, de mettre en place des méthodes de lutttes compatibles et raisonnées.

a. *Tuta absoluta*

Nombre de larves par plant de tomate



b. *Trialeurodes* sp.

Nombre d'adultes par feuille de tomate

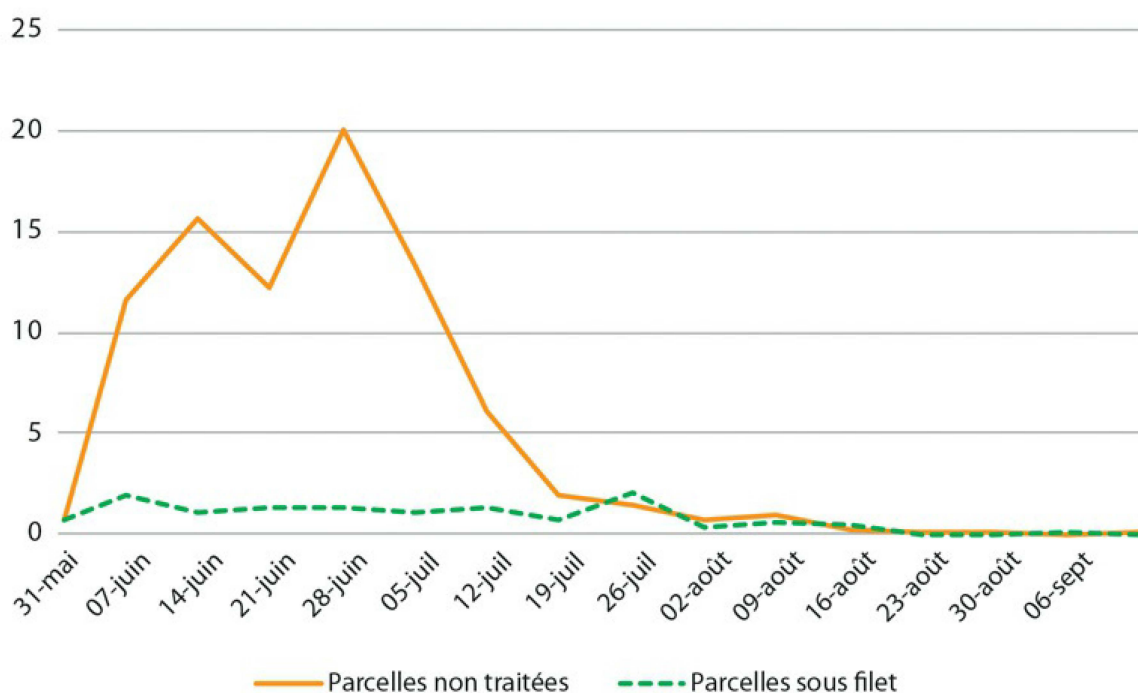


Figure 4.1. Nombre moyen de *Tuta absoluta* (a) et de mouches blanches *Trialeurodes* sp. (b) par feuille de tomate non traitée,

sous filet (trait pointillé) et hors filet (trait plein), dans une expérimentation conduite au Kenya en 2017 sur la station du Kalro, à Mwea.

Les limites de la lutte physique

La lutte physique est généralement considérée à tort comme la solution unique permettant de contrôler tous les ravageurs d'une culture. En réalité, de nombreux insectes, en général des piqueurs-suceurs comme les mouches blanches, les thrips, les pucerons et les acariens, voire des lépidoptères ou des mouches, finissent par entrer sous les abris, et ce quel que soit le type de couverture utilisé.

Par ailleurs, sous des climats tropicaux, l'utilisation de filets avec des mailles plus grosses s'avère nécessaire pour augmenter la ventilation naturelle et diminuer la température et l'humidité relative sous les abris (Nordey *et al.*, 2017). Cette augmentation de la taille de maille diminue la protection physique contre les ravageurs de type piqueurs-suceurs. Certaines espèces, mais pas toutes, pourront même y proliférer d'autant qu'elles seront à l'abri de leurs prédateurs (oiseaux, coccinelles, chrysopes, syrphes) voire de leurs parasitoïdes, même si nous avons montré que l'augmentation de la taille des mailles pouvait aussi faciliter le passage de certaines de ces dernières espèces (Martin *et al.*, 2015).

Au Bénin, par exemple, les choux produits sous filets sont protégés des attaques de chenilles mais ils peuvent être fortement infestés de pucerons, de même que les tomates sous filet qui, elles, sont infestées de mouches blanches de l'espèce *Bemisia tabaci*. Par contre, au Kenya, les infestations de mouches blanches *Trialeurodes* sp. restent toujours faibles sous filet alors qu'elles sont fortes sur les cultures de tomate ou de haricot en plein champ (fig. 4.1). La lutte physique n'étant pas incompatible avec la lutte chimique, celle-ci peut donc continuer à être utilisée avec les excès qu'on connaît car trop souvent les agriculteurs ne connaissent pas toutes les espèces d'insectes ravageurs (et leurs dégâts), encore moins les espèces utiles, et ils ne veulent pas d'insecte sur leurs cultures et cela d'autant plus que celles-ci sont à forte valeur ajoutée.

Autres intérêts agronomiques de la lutte physique

Cette technique se révèle facile à comprendre et à utiliser, tout en étant relativement bien adaptable aux climats tropicaux, du fait de l'ombrage et de la ventilation qui peuvent être modulés par la couleur ou la taille de maille employée (Nordey *et al.*, 2017). C'est aussi une pratique efficace pour protéger les cultures contre les événements climatiques extrêmes comme les pluies torrentielles, les bourrasques ou les sécheresses. Le recours aux filets permet enfin de réduire l'évapotranspiration, et par conséquent de réduire les besoins en eau de la plante, en plus d'améliorer la qualité des fruits, notamment pour la tomate, tant pour sa mise en marché (fermeté) que dans ses qualités organoleptiques (meilleur équilibre sucre/acidité) (Saidi *et al.*, 2013).

Accompagnement technique et soutien des politiques publiques pour diffuser ces innovations

Pour quelle rentabilité économique ?



Photo 4.1. Culture de choux sous tunnels bas couverts de filets au Bénin. © Thibaud Martin / Cirad.



Photo 4.2. Système de culture biologique de tomate sous tunnel haut au Kenya. © Thibaud Martin / Cirad.

L'analyse de la performance économique des innovations agro-écologiques s'inscrit dans les démarches de l'*evidence based policy* (démonstration par la preuve) issue des sciences médicales (Laurent *et al.*, 2009, 2012). Dans notre cas, cela revient à mesurer l'efficacité de l'apport d'un filet anti-insectes, puis à identifier les perspectives de diffusion auprès d'une population de producteurs, et enfin, à évaluer les impacts environnementaux. L'analyse de rentabilité s'inscrit donc à la fois dans une démarche de la démonstration par la preuve, mais aussi dans une démarche d'appui aux politiques économiques sectorielles. Il s'agit alors d'inspirer ou d'orienter des politiques agricoles publiques ou privées sur la base des éléments apportés par une analyse des performances économiques des innovations testées. L'analyse de la rentabilité économique des innovations à l'échelle des agriculteurs est l'un de ces outils ; analyse qui n'est pas uniquement un exercice comptable car c'est aussi la représentation concrète, renseignée et mesurée du système économique dans lequel évolue l'agriculteur. Des programmes de démonstration des filets anti-insectes auprès des petits producteurs ont été mis en place au Bénin (2012-2014) puis au Kenya (2017-2018). Dans le premier cas, il s'agissait de transférer aux producteurs maraîchers du sud du Bénin la technologie des tunnels bas (photo 4.1) couverts de filets, pour protéger les

cultures de choux tant en pépinière qu'en planche de culture[9]. Au Kenya, il s'agissait d'évaluer la rentabilité économique des tunnels hauts couverts de filets pour la production de tomate (photo 4.2), de chou et de haricot vert en rotation dans des zones géographiques différentes[10].

Un indicateur synthétique

Pour analyser la rentabilité de ces innovations, nous avons élaboré un indicateur à partir des rendements agronomiques, des prix au producteur et des coûts. Cet indicateur synthétise donc une performance agronomique, un accès aux marchés et comptabilise les différentes filières d'intrants intervenant dans la production agricole, dont le marché du travail par l'intermédiaire de la main-d'œuvre. La rentabilité est ainsi un indicateur qui traduit non seulement un environnement naturel et des relations aux marchés, mais aussi leur instabilité, leur incertitude. Par exemple, d'importantes pertes de récolte liées à des bioagresseurs, une offre agricole pléthorique sur des marchés agricoles... peuvent abaisser provisoirement les prix payés au producteur. Dans ces deux cas, les revenus du producteur s'en trouvent affectés.

Rentabilité des cultures sous filet

La rentabilité en tant que telle est un indicateur utile, mais l'analyse de la rentabilité relative par rapport à des alternatives proposées à l'agriculteur (ou par rapport à ses pratiques courantes) permet d'éclairer celui-ci dans ses prises de décision en faveur ou non des innovations proposées. En effet, les analyses des performances économiques réalisées au Bénin ont ainsi non seulement montré que les filets anti-insectes sur tunnels bas pour la production de choux étaient rentables, mais aussi que cette rentabilité était en moyenne significativement supérieure par rapport aux méthodes conventionnelles, c'est-à-dire employant couramment des insecticides (Vidogbéna *et al.*, 2015b). Les analyses ont aussi montré une augmentation des rendements en conditions réelles et une amélioration de la qualité des cultures due notamment à la réduction des traitements insecticides (une proportion de choux de plus grande taille et d'un meilleur aspect visuel pour la vente). En fait, les analyses de la rentabilité ont montré que les filets réduisent les variations de rendement et donc de revenus. Ils permettent donc de stabiliser les flux financiers, de réduire la

volatilité de la production et de la qualité. Cette stabilité dans le temps des ressources financières est un élément important pour réduire la vulnérabilité des exploitations agricoles et améliorer leur résilience globale. C'est par conséquent aussi un moyen de faciliter une vision à long terme de l'agriculteur en réduisant les risques qu'il peut percevoir. Cela lui permet à moyen terme d'encourager ses investissements productifs avec moins de risques. En effet, la décision d'investir dépend des anticipations du producteur, lesquelles dépendent entre autres de la perception du risque et de l'incertitude.

Freins et leviers à l'adoption des filets

L'adoption d'une innovation s'inscrit dans un processus de prise de décision qui s'échelonne en plusieurs phases : de la prise de connaissance du fonctionnement de l'innovation jusqu'à des décisions de tester, puis d'adopter (ou de s'approprier) ou non l'innovation ; et, enfin, la confirmation ou non de la décision dans le temps. Les programmes de démonstration des filets anti-insectes auprès des petits producteurs, mis en place au Bénin et au Kenya, ont relevé de démarches *ex ante*, c'est-à-dire de démarches destinées à prévoir les réactions des agriculteurs et non à analyser leurs réactions effectives. En ce qui concerne le processus d'adoption par les petits producteurs pour la protection des cultures de choux, nous avons constaté dans ce pays une réaction ambivalente malgré une rentabilité supérieure aux pratiques courantes (Vidogbéna *et al.*, 2016). En effet, une fraction des producteurs a exprimé un intérêt immédiat pour adopter cette technique (18 %), une moitié était réfractaire et le reste de la population relativement indifférent à l'innovation proposée. Le rejet par les agriculteurs réfractaires se justifiait par une perception du coût du travail anormalement élevée. En fait, ce résultat est aussi prévisible. La rentabilité d'une innovation est nécessaire mais pas suffisante (Rogers, 2003). Aux données quantitatives nécessaires doivent se juxtaposer des analyses qualitatives et dynamiques basées sur les perceptions des récipiendaires. Au-delà de l'évaluation de la technologie, l'agriculteur doit aussi évaluer le contexte dans lequel cette évaluation s'inscrit, c'est-à-dire, comme nous l'avons vu, le contexte agronomique (zone vulnérable aux attaques de ravageurs par exemple), l'accès au marché et aux intrants. Enfin, la perception de la technologie en elle-même par les agriculteurs est à prendre en considération : son avantage comparatif, sa complexité, sa capacité à être testée, la visibilité des

résultats obtenus (Rogers, 2003). Les variations importantes dans cette perception doivent être notées selon la technicité et l'expérience de la culture sous abris que possèdent les agriculteurs (Vidogbéna *et al.*, 2015b, 2016). Par ailleurs, les résultats sur des analyses *ex ante* de l'adoption ne doivent pas occulter le fait que l'adoption — et plus précisément la diffusion — est un élément dynamique. En effet, les réfractaires d'aujourd'hui sont peut-être les pionniers de demain, ou les adoptants de demain.

L'analyse de la rentabilité pour appuyer des politiques ciblées

La déclinaison détaillée de la performance économique par une analyse de la rentabilité permet de mettre en évidence non seulement les conditions de production mais aussi de formuler des hypothèses pour des politiques ciblées d'appui public ou privé. Dans le cas du Kenya et du haricot vert par exemple, la figure 4.2 décline, pour huit agriculteurs, le ratio coût/bénéfice rapporté à la production commercialisée, dans le cas d'un filet subventionné intégralement et dans le cas d'un filet non subventionné. La zone rouge représente le seuil de rentabilité. Ce schéma montre d'une part des situations de production contrastées et d'autre part les effets que pourrait provoquer une subvention pour des filets anti-insectes, et consécutivement la pertinence de politiques agricoles ciblées en fonction des types d'exploitation agricole.

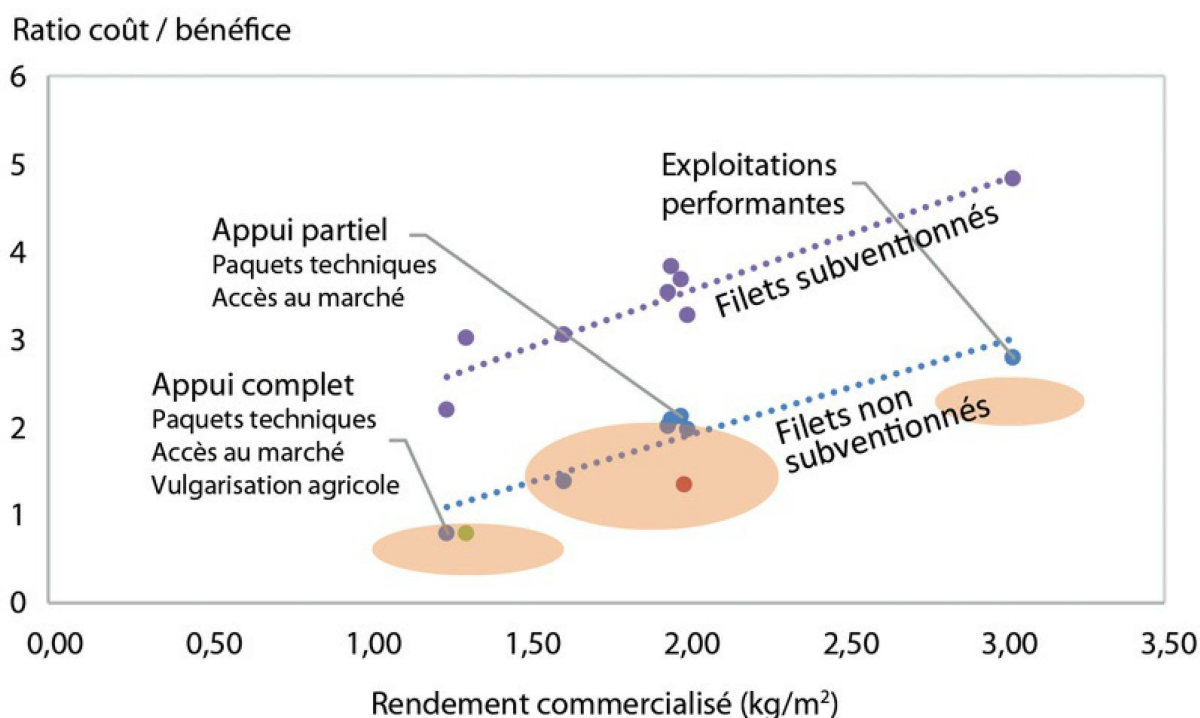


Figure 4.2. Ratio coût/bénéfice rapporté à la production commercialisée dans le cas d'un filet subventionné intégralement et dans le cas d'un filet non subventionné pour huit producteurs au Kenya (Mujuka *et al.*, à paraître).

Des conditions de production contrastées

En ce qui concerne les situations de production commercialisée, on observe que les agriculteurs suivis au Kenya ont eu une production contrastée (Mujuka *et al.*, à paraître). Théoriquement, quel que soit le rendement, la relation devrait être directe entre le ratio coût/bénéfice rapporté à la production commercialisée. Mais en fait, de nombreux facteurs biotiques et abiotiques peuvent affecter les rendements. Dans le cas des huit agriculteurs, nous avons observé par exemple un cas où le rendement a été affecté par un contrat d'entretien non respecté par un exportateur sur la parcelle. Nous avons aussi observé des prix bord champ du haricot vert faibles provoqués par une période électorale (départ des étrangers), mais aussi de faibles prix en général. Nous avons aussi observé l'importance d'une bonne maîtrise technique ou encore l'importance d'avoir des variétés de semences de qualité et adaptées pour favoriser les rendements. Dans certains cas, les zones agroclimatiques affectent les conditions de production et déclenchent des chaînes de causalités : un environnement inadapté provoque un usage excessif d'intrants de synthèses, souvent inefficace et qui aboutit à des pertes économiques.

Nous avons grossièrement identifié trois groupes d'agriculteurs : des agriculteurs que l'on pourrait qualifier de subsistance, des agriculteurs dans la moyenne générale, et un agriculteur de type pionnier ou précurseur. Dans ce contexte, le coût des filets n'est par exemple pas rentable pour les exploitations de subsistance. En effet, pour celles-ci, le seuil de rentabilité est inférieur à 1.

Vers des politiques d'appui ciblées

Une typologie de la performance économique des innovations en conditions réelles, c'est-à-dire en collectant et en regroupant l'ensemble des contraintes qui affectent la prise de décision de l'agriculteur et la performance économique des innovations proposées, s'inscrit aussi dans les démarches de l'*evidence based policy*. Les politiques d'appui ont besoin d'une information basée sur des faits réels et en lien avec les récipiendaires des innovations, les agriculteurs. On a pu montrer quelques exemples d'hypothèses de politiques d'appui ciblées en fonction des observations relevées sur le terrain. Dans le cas d'une subvention pour des filets anti-insectes, on observerait une amélioration de la rentabilité mécanique pour l'ensemble des exploitations. Les filets pour les exploitations de subsistance atteindraient le seuil de rentabilité. En ce qui concerne les politiques agricoles ciblées, la stratégie de diffusion peut être soit commerciale avec un coût de la technologie imputé à l'agriculteur, soit publique, c'est-à-dire un coût transformé en subvention par le gouvernement sous la forme d'aides directes. Des stratégies segmentées sur l'accès aux marchés pourraient aussi améliorer les prix ou le partage de la valeur ajoutée (circuits courts, contrats avec les supermarchés, marchés de niche, etc.). Sur ces points, des politiques de prix liés au respect de diverses normes et standards permettraient de compenser les coûts de mise en œuvre de démarches de qualité. L'analyse de la performance économique basée sur des analyses de rentabilité des innovations permet aussi d'identifier des politiques d'assurance face aux aléas climatiques et au risque économique. Toute la question revient donc à étudier les relations économiques entre le secteur formel et le secteur informel dans lequel évoluent les exploitations agricoles (de Bon *et al.*, 2014). Enfin, des politiques de vulgarisation agricoles adaptées pourraient améliorer la prise en main des innovations.

Toutes ces politiques d'appuis ciblées impacteraient indirectement

l'analyse de rentabilité des filets. Et cet impact pourrait de surcroît se différencier en fonction des populations agricoles : une population en général relativement limitée d'agriculteurs dynamiques à la tête d'exploitations agricoles bien dotées en capital productif, une population d'agriculteurs moyennement dotés, et une population d'agriculteurs faiblement dotés en capital productif et dans une logique de sécurité alimentaire.

Les interactions entre politiques d'appui et rentabilité sont donc cruciales. Pour reprendre le schéma, des politiques agricoles ciblées en faveur des exploitations agricoles de subsistance pourraient par exemple consister à subventionner les équipements productifs, à faciliter l'écoulement commercial des produits par des prix contrôlés, et à accompagner les producteurs par des services de vulgarisation.

Quels impacts environnementaux ?

L'un des bénéfices attendus de la technologie des filets est un impact environnemental moindre, notamment par unité produite en lien avec les meilleurs rendements associés, un recours moindre aux pesticides et une utilisation de l'eau plus efficiente dans les systèmes de culture. Une analyse du cycle de vie de la tomate en jardin périurbain au Bénin a en effet permis de révéler que des pratiques agricoles mal maîtrisées (usages excessifs de pesticides, fertilisation et irrigation) associées à des rendements généralement faibles, conduisent inévitablement à des impacts environnementaux très élevés par unité produite (Perrin *et al.*, 2015 ; Perrin *et al.*, 2017). Concernant les systèmes de culture avec filet, la question de fond est par conséquent de savoir si les meilleurs rendements attendus et la moindre utilisation d'intrants (eau et pesticides notamment) pallient les impacts environnementaux associés à la production, l'acheminement et la fin de vie des filets eux-mêmes. Quelle serait la part de ces filets dans les performances alors que la performance agronomique réelle de ces systèmes est très dépendante à la fois de la maîtrise des producteurs et de leurs contraintes de production ? On a vu en effet que l'usage de filets n'était pas nécessairement synonyme de moindre utilisation des pesticides. Des analyses du cycle de vie réalisées sur des systèmes de culture maraîchers sous abris non chauffés ont montré l'importance des infrastructures et de leur durée de vie mais aussi de la gestion de leur fin de vie (Payen *et al.*, 2015 ; Boulard *et al.*, 2011 ;

Martínez-Blanco *et al.*, 2011 ; Torrellas *et al.*, 2012).

Allonger la durée de vie des matériaux synthétiques, les recycler ou utiliser des matériaux organiques font partie des solutions possibles pour réduire les impacts environnementaux des systèmes sous-abris. La gestion des déchets des infrastructures est également cruciale dans les impacts environnementaux de ces systèmes, notamment le taux de recyclage des plastiques, rendu plus délicat et coûteux par la présence d'impuretés éventuelles (sol, pesticides). La valorisation énergétique des déchets de plastique constitue ainsi une alternative intéressante au recyclage, le pouvoir calorifique du polyéthylène par exemple étant équivalent à celui du diesel. De façon globale, l'éco-efficience des systèmes de culture sous filet dépendra des niveaux d'intrants de toute nature utilisés (fertilisants, pesticides, eau, sol, énergie, filets et autres équipements éventuels) et de leurs rendements, tout en restant très dépendante du niveau de maîtrise des producteurs et de leurs contraintes pédoclimatiques de production, en lien avec les performances agronomiques de ces systèmes selon les régions d'Afrique. Elle dépendra aussi du niveau de maîtrise de la technologie par le producteur qui lui permet de réduire plus ou moins les impacts négatifs d'une culture sous abris par rapport à une culture en plein champ. La combinaison d'une maîtrise optimale de la technique des filets grâce à une formation des producteurs avec le choix de régions de production adaptées à cette technologie devrait permettre de réduire les impacts environnementaux de la production maraîchère en Afrique subsaharienne. Une synergie d'action entre les experts et chercheurs des disciplines de l'agronomie, de l'économie, de l'analyse socio-technique et de l'évaluation environnementale des systèmes devra être recherchée pour atteindre la meilleure cohérence et la meilleure représentativité possibles de ces approches conjointes. Elle est actuellement en cours dans le cadre des projets ANR-Éco-Plus au Kenya (2017-2020) et HortiNet en Côte-d'Ivoire (2018-2021).

Conclusion

Nos premières observations au Bénin et au Kenya suggèrent que le recours à la lutte physique par les filets stimule des changements profonds.

Il favorise une réduction de l'usage des pesticides. Testés en milieu paysan, les filets diminuent comme prévu la prévalence des vers et des

chenilles qui attaquent directement les fruits et les feuilles. Or, comme dans la majorité des cas, les producteurs déclenchent leurs traitements en se basant sur une observation de la prévalence des insectes ou des dégâts occasionnés par ces derniers (fruits ou feuilles troués), la protection offerte par les filets les conduit à réduire significativement la fréquence des traitements phytosanitaires.

Il permet aussi aux agriculteurs d'expérimenter le potentiel de l'usage des filets. Faut-il rappeler qu'en Europe les filets ont d'abord été de l'initiative des agriculteurs ? Grâce à la culture sous filets, les agriculteurs découvrent qu'il est possible de produire plus avec moins de produits phytosanitaires et de surmonter les enjeux et problèmes posés par les résistances aux insecticides. Au Kenya, la diffusion est facilitée par un climat frais de hauts plateaux et donc par les effets de serres bénéfiques au rendement que permettent les filets. Au Bénin, la diffusion sera sans doute plus lente à cause du climat humide contraignant pour les rendements et le manque de réseau de distribution.

La diffusion et l'adoption des filets facilitent en outre une mise en réseau des acteurs. Au Kenya, les projets de diffusion des filets ont ainsi contribué au rapprochement d'acteurs partageant un intérêt pour l'agriculture biologique (Whatsapp group). D'une part, un certain nombre de pionniers se sont révélés, et sont devenus des modèles à suivre pour des groupes d'agriculteurs souhaitant s'engager. D'autre part, des liens ont été créés entre ces groupes d'agriculteurs et des entreprises innovantes spécialisées dans la fourniture d'outils de protection biologique.

Enfin, cela a permis des politiques ciblées pour une transition vers l'agriculture agro-écologique. Bien souvent, la transition vers l'agriculture biologique ou l'agro-écologie est perçue par les agriculteurs comme un pari risqué. Or, l'environnement confiné offert par les filets rend plus efficaces et moins incertaines les méthodes non chimiques de protection des cultures. Ainsi, les filets deviennent un levier de transition vers ces modes de culture durables. Des politiques d'appui ciblées en fonction des types de producteurs prennent alors tout leur sens.

Références

Abtew A., Affognon H., Martin T., Niassy S., Kreiter S., Tropea Garzia

G., Subramanian S., 2016. Farmers' knowledge and perception of grain legume pests and their management in the Eastern province of Kenya. *Crop Protection*, 87, 90-97.

Ahouangninou C., Fayomi B., Martin T., 2011. Évaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). *Cahiers agricultures*, 20, 216-22.

Agboyi L.K., Ketoh G.K., Martin T., Glitho I.A., Tamò M., 2016. Pesticide resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) populations from Togo and Benin. *International Journal of Tropical Insect Science*, 36, 204-210.

Azandémè-Hounmalon Y.G., Affognon H.D., Assogba Komlan F., Tamo M., Fiaboe K.K.M., Kreiter S., Martin T., 2015. Farmers' control practices against the invasive red spider mite, *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard in Benin. *Crop Protection*, 76, 53-58.

Boulard T., Raeppe C., Brun R., Lecompte F., Hayer F., Carmassi G., Gaillard G., 2011. Environmental impact of greenhouse tomato production in France. *Agronomy for Sustainable Development*, 31, 757-77.

Carletto J., Martin T., Vanlerberghe-Masutti F., Brévault T., 2010. Insecticide resistance traits differ among genotypes from different host races in the aphid, *Aphis gossypii*. *Pest Management Science*, 66, 301-307.

Chailleux A., Droui A., Bearez P., Desneux N., 2017. Survival of a specialist natural enemy experiencing resource competition with an omnivorous predator when sharing the invasive prey *Tuta absoluta*. *Ecology and Evolution*, 7, 8329-8337.

de Bon H., Huat J., Parrot L., Sinzogan A., Martin T., Malézieux E., Vayssières J.-F., 2014. Pesticide risks from fruit and vegetable pest management by small farmers in sub-Saharan Africa: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 723-736.

Diop A., Diop Y.M., Thiaré D.D., Cazier F., Sarr S.O., Kasprowiak A., Landy D., Delattre F., 2016. Monitoring survey of the use patterns and pesticides residues on vegetables in the Niayes zone, Senegal. *Chemosphere*, 144, 1715-21

Gnankiné O., Mouton L., Savadogo A., Martin T., Sanon A., Dabire R.K., Vavre F., Fleury F., 2013. Biotype status and resistance to neonicotinoids and carbosulfan in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Burkina Faso, West Africa. *International Journal of Pest Management*, 59, 95-102.

Gogo E.O., Saidi M., Ochieng J.M., Martin T., Baird V., Ngouajio M., 2014. Microclimate modification and insect pest exclusion using agronets improves pod yield and quality of french beans. *HortScience*, 49,10, 1-7.

Huat J., 2006. Facteurs limitatifs du rendement de la tomate industrielle en périmètres irrigués au Nord Sénégal. *Cahiers agricultures*, 15, 293-300.

Laurent C., Baudry J., Berriet-Sollic M., Kirsch M., Perraud D., Tinel B., Trouvé A., Allsopp N., Bonnafous P., Burel F., Carneiro M.J., Giraud C., Labarthe P., Matose F., Ricroch A., 2009. Pourquoi s'intéresser à la notion d'*evidence-based policy* ? *Revue Tiers Monde*, 200, 853-873.

Laurent C., Berriet-Sollic M., Labarthe P., Trouve A., 2012. *Evidence-based policy* : De la médecine aux politiques agricoles ? *Notes et études socio-économiques*, 36, 79-101.

Martin T., Chandre F., Ochou Ochou G., Vaissayre M., Fournier D., 2002. Pyrethroid resistance mechanisms in the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) from West Africa. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 74, 17-26.

Martin T., Assogba-Komlan F., Houndete T., Hougard J.M., Chandre F., 2006. Efficacy of mosquito netting for sustainable small holders' cabbage production in Africa. *Journal of Economic Entomology*, 99, 450-454.

Martin T., Simon S., Parrot L., Assogba Komlan F., Vidogbena F., Adegbedi A., Baird V., Saidi M., Kasina M., Wasilwa L.A., Subramanian S., Ngouajio M., 2015. Eco-friendly nets to improve vegetable production and quality in sub-Saharan Africa. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 1105, 221-228.

Martínez-Blanco J., Muñoz P., Antón A., Rieradevall J., 2011. Assessment of tomato Mediterranean production in open-field and standard multi-tunnel greenhouse, with compost or mineral fertilizers, from an agricultural and environmental standpoint. *Journal of Cleaner Production*, 19, 985-97.

Nguetti J.H., Imungi J.K., Okoth M.W., Wang'ombe J., Mbacham W.F., Mitema S.E., 2018. Assessment of the knowledge and use of pesticides by the tomato farmers in Mwea Region, Kenya. *African Journal of Agricultural Research*, 13, 379-388.

Nordey T., Basset-Mens C., De Bon H., Martin T., Déletré E., Simon S., Parrot L., Despretz H., Huat J., Biard Y., Dubois T., Malézieux E., 2017. Protected cultivation of vegetable crops in sub-Saharan Africa: Limits and prospects for small holders. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, 53.

Payen S., Basset-Mens C., Perret S., 2015. LCA of local and imported tomato: An energy and water trade-off. *Journal of Cleaner Production*, 87, 139-48.

Perrin A., Basset-Mens C., Huat J., Yehouessi W., 2015. High environmental risk and low yield of urban tomato gardens in Benin. *Agronomic Sustainable Development*, 35, 305-315.

Perrin A., Basset-Mens C., Huat J., Gabrielle B., 2017. The variability of field emissions is critical to assessing the environmental impacts of vegetables: A Benin case-study. *Journal of Cleaner Production*, 153, 104-113.

Rogers E.M., 2003. *Diffusion of Innovations*, 5^e édition, Free Press, New York, États-Unis, 576 p.

Saidi M., Gogo E.O., Itulya F.M., Martin T., Ngouajio M., 2013. Microclimate modification using eco-friendly nets and floating row covers improves tomato (*Solanum lycopersicum*) yield and quality for small holder farmers in East Africa. *Agricultural Science*, 4, 577-584.

Simon S., Assogba Komlan F., Adjaïto L., Mensah A., Coffi H., Ngouajio M., Martin T., 2014. Efficacy of insect nets for cabbage production and pest management depending on the net removal frequency and microclimat. *International Journal of Pest Management*, 60, 208-216.

Torrellas M., Antón A., Ruijs M., García Victoria N., Stanghellini C., Montero J.I., 2012. Environmental and economic assessment of protected crops in four European scenarios. *Journal of Cleaner Production*, 28, 45-55.

Vayssières J.F., Vannière H., Gueye P.S., Barry O., Hanne A.M., Korie S., Niassy A., Ndiaye M., Delhove G., 2011. Preliminary inventory of fruit fly species (Diptera: Tephritidae) in mango orchards in the Niayes region, Senegal. *Fruits*, 66, 91-107.

Vidogbéna F., Adégbidi A., Assogba-Komlan F., Martin T., Ngouajio M., Simon S., Tossou R., Parrot L., 2015a. Cost: Benefit analysis of insect net use in cabbage in real farming conditions among smallholder farmers in Benin. *Crop Protection*, 78, 164-171.

Vidogbéna F., Adegbedi A., Tossou R., Assogba Komlan F., Ngouajio M., Martin T., Simon S., Parrot L., Zander K.K., 2015b. Control of vegetable pests in Benin Farmers' preferences for eco-friendly nets as an alternative to insecticides. *Journal of Environmental Management*, 147, 95-107.(

Vidogbéna F., Adegbedi A., Tossou R., Assogba Komlan F., Martin T., Ngouajio M., Simon S., Parrot L., Garnett S.T., Zander K.K., 2016. Exploring factors that shape small-scale farmers' opinions on the adoption of eco-friendly nets for vegetable production. *Environment, Development and Sustainability*, 18, 1749-1770.

CHAPITRE 5

Accompagner les acteurs de la transition agro-écologique au Laos

*Pascal Lienhard, Jean-Christophe Castella, Pierre Ferrand,
Morgane Cournarie, Patrick d'Aquino, Éric Scopel, Nathalie
Bougnoux*

Les déterminants de la transition agro-écologique au Laos

Au Laos, la transition agraire est caractérisée par des changements rapides